24.02.2006

Prof. Schäfer
Zeit: 4h

Klausur Elektrodynamik

Wintersemester 2005/06

1.) **Potential zweier Punktladungen** **3 Punkte**

Betrachten Sie das Potential ϕ zweier getrennter Punktladungen Q_1 und Q_2.

(a) Zeigen Sie, dass die Äquipotentialfläche $\phi = 0$ eine Kugeloberfläche ist, falls Q_1 und Q_2 entgegengesetzte Vorzeichen haben und zusätzlich $|Q_1| \neq |Q_2|$ gilt.

(b) Wie groß ist der Radius dieser Kugel, wenn die beiden Ladungen den Abstand d voneinander haben?

(c) Wie groß sind die Abstände der Punktladungen vom Zentrum der Kugel?

2.) **Abschirmpotential** **4 Punkte**

Gegeben sei das elektrostatische Potential

$$\phi(\mathbf{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\,\frac{e^{-\mu r}}{r}, \quad r = |\mathbf{r}|, \quad \mu > 0.$$

Bestimmen Sie das dazugehörige elektrostatische Feld $\mathbf{E}(\mathbf{r})$, die Ladungsdichte $\varrho(\mathbf{r})$ sowie die Gesamtladung Q_{tot} (partielle Integration ist angesagt).

3.) **Multipolmomente** **3 Punkte**

Gegeben sei die Ladungsverteilung

$$\varrho(\mathbf{r}) = q\delta(\mathbf{r} - a\mathbf{e}_x) - 2q\delta(\mathbf{r}) + q\delta(\mathbf{r} + a\mathbf{e}_x).$$

Berechnen Sie Monopol-, Dipol- und Quadrupolmoment der gegebenen Ladungsverteilung (kartesische Komponenten) und geben Sie die dazugehörigen elektrischen Potentiale im Außenbezirk an.

4.) **Unendlich langer geladener Zylinder** **3 Punkte**

Berechnen Sie die elektrostatische Feldstärke eines homogen geladenen, unendlich langen Zylinders sowohl im Innen- wie im Außenraum des Zylinders.

5.) **Kraft auf Dielektrikum** **4 Punkte**

Ein Plattenkondensator der Höhe h, Breite b und Plattenabstand d sei bis zu einer Höhe y $(0 \leq y \leq h)$ mit einem linearen Dielektrikum der relativen Dielektrizitätskonstante ϵ_r gefüllt.

(a) An den Platten werde die Spannung U angelegt. Berechnen Sie die Kraft auf das Dielektrikum.

(b) Berechnen Sie die Kraft auf das Dielektrikum, wenn der Kondensator von der Spannungsquelle getrennt wird.

6.) **Poyntingvektor** **3 Punkte**

(a) Eine ruhende Punktladung Q befinde sich in einem homogenen Magnetfeld $\mathbf{H}$. Berechnen Sie den Poyntingvektor und geben Sie seine Komponenten in kartesischen Koordinaten an. In welche Richtung zeigt der Poyntingvektor bei gegebenem Ort $\mathbf{r}$?

(b) Zeigen Sie, dass das Poyntingvektorfeld divergenzfrei ist. Begründen Sie die Divergenzfreiheit physikalisch.

7.) **Kompass** **5 Punkte**

Ein kleiner Permanentmagnet mit Dipolmoment $\mathbf{m}$ sei bei $\mathbf{r} = d\ \mathbf{e}_x$ so gelagert, dass er sich innerhalb der xy-Ebene frei drehen kann. Auf den Magnet wirke das Magnetfeld $\mathbf{B}_0 = B_0\mathbf{e}_x$. In welche Richtung zeigt $\mathbf{m}$ im Gleichgewicht? In welche Richtung zeigt $\mathbf{m}$ im Gleichgewicht, wenn es zusätzlich noch einen Draht mit der Stromdichte $\mathbf{j} = I\delta(x)\delta(y)\mathbf{e}_z$ gibt? (Das Magnetfeld des Drahtes ist zu berechnen!)

8.) **Rotation einer Leiterschleife im homogenen B-Feld** **4 Punkte**

In einem homogenen Magnetfeld rotiert ein Drahtkreis mit Radius a und Ohmschem Widerstand R mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω um eine senkrecht zum Magnetfeld liegende Achse.

Um welchen Winkel α wird eine im Kreismittelpunkt angebrachte Magnetnadel abgelenkt?

9.) **Kugelwelle** **3 Punkte**

Zeigen Sie, dass für $r \neq 0$ die Funktionen

$$F(\mathbf{r}, t) = \frac{f(t \pm r/c)}{r}$$

die homogene Wellengleichung $\left(\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta\right) F = 0$ erfüllen mit $r = |\mathbf{r}|$.

Welche inhomogene Wellengleichung wird durch die Funktionen F gelöst?